

Three-dimensional circuit metallisation plane contact hole formation

Patent Number: DE4442652
Publication date: 1996-01-25
Inventor(s): ENGELHARDT MANFRED DIPL PHYS D (DE)
Applicant(s): SIEMENS AG (DE)
Requested Patent: ☐ DE4442652
Application Number: DE19944442652 19941130
Priority Number(s): DE19944442652 19941130
IPC Classification: H01L21/308 ; H01L21/768
EC Classification: H01L21/311B2B, H01L21/768B2
Equivalents:

Abstract

The method involves using a monocrystalline silicon layer (12), a dielectric multi-layer (13), and a photo-sensitive resist mask. In the three-dimensional circuit over the metallisation plane (11) at least one silicon layer is deposited of 5 to 30 μm thickness. The silicon layer is itself covered by the dielectric multi-layer, of 3 to 10 μm thickness, which contains layers of silicon oxide and nitride. On the dielectric multi-layer is formed a photolacquer mesh (14). Then follows an etching step in an anisotropic dry process, using gas contg. CHF₃ and CF₄ through the dielectric multi-layer to expose the silicon layer at specified flow rates. The through flow rate of the gas CHF₃:CF₄ is adjusted between 1.0:0.7 and 1:1.3 for this etching process. After removing the photomask a further dry etching is carried out, with the structured dielectric layer serving as the etching mesh. The contact holes are of 1.4 to 5 μm thickness.

Data supplied from the esp@cenet database - I2



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift
⑩ DE 44 42 652 A 1

⑤1 Int. Cl.⁸:
H 01 L 21/308
H 01 L 21/768

②1 Aktenzeichen: P 44 42 652.6
②2 Anmeldetag: 30. 11. 94
④3 Offenlegungstag: 25. 1. 96

DE 44 42 652 A 1

Mit Einverständnis des Anmelders offengelegte Anmeldung gemäß § 31 Abs. 2 Ziffer 1 PatG

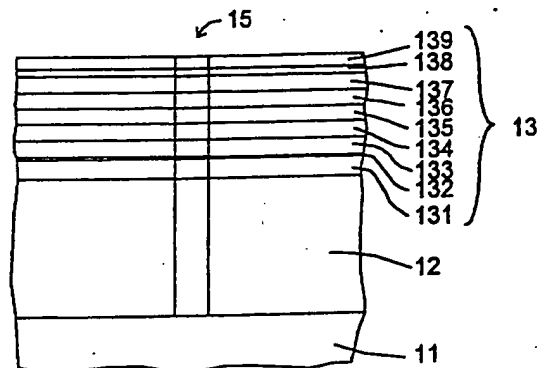
⑦1 Anmelder:
Siemens AG, 80333 München, DE

⑦2 Erfinder:
Engelhardt, Manfred, Dipl.-Phys. Dr.rer.nat., 83620
Feldkirchen-Westerham, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Verfahren zur Herstellung eines Kontaktloches auf eine Metallisierungsebene einer dreidimensionalen Schaltungsanordnung

⑤7 Zur Herstellung eines Kontaktloches auf eine Metallisierungsebene (11) einer dreidimensionalen Schaltungsanordnung, wobei oberhalb der Metallisierungsebene (11) mindestens eine Siliziumschicht (12) und darüber eine dielektrische Mehrfachsicht (13), die Schichten aus Siliziumoxid und Siliziumnitrid umfaßt, angeordnet ist, wird die dielektrische Mehrfachsicht (13) in einem anisotropen Trockenätzprozeß unter Verwendung eines CHF_3 und CF_4 enthaltenden Prozeßgases durchätzt und die Oberfläche der Siliziumschicht (12) freigelegt, wobei die Durchflußraten von CHF_3 und CF_4 im Verhältnis $\text{CHF}_3 : \text{CF}_4$ von 1 : $(1 \pm 0,3)$ eingestellt werden.



DE 44 42 652 A 1

Halbleiterschaltungen in Planartechnik, wie sie heutzutage hauptsächlich eingesetzt werden, sind einerseits bezüglich des erreichbaren Integrationsgrades auf einem Chip und andererseits bezüglich der Leistungsfähigkeit eines Systems, das mehrere miteinander verbundene Chips umfaßt, begrenzt. Zur Überwindung dieser Beschränkungen ist vorgeschlagen worden, dreidimensionale Schaltungsanordnungen einzusetzen. Darin werden mehrere Chipebenen übereinander angeordnet und elektrisch miteinander verbunden.

Aus Y. Hayashi et al, Symp. VLSI Technol. 1990, Seite 95, ist bekannt, zur Herstellung einer solchen dreidimensionalen integrierten Schaltungsanordnung zunächst die einzelnen Bauelementeebenen getrennt voneinander in verschiedenen Substratscheiben herzustellen. Diese Substrate werden dann auf wenige μm gedünnt und fest miteinander verbunden. Zur elektrischen Verbindung der verschiedenen Bauelementeebenen werden die gedünnten Substrate auf der Vorder- und Rückseite mit Kontakten zur Interchipverbindung versehen. Die gedünnten Scheiben müssen daher auf der Vorder- und Rückseite bearbeitet werden. Rückseitenprozesse sind in der Standardplanartechnik nicht vorgesehen. In diesem Zusammenhang sind eine Reihe von Handlingproblemen ungelöst.

In der älteren deutschen Patentanmeldung P 44 00 985.2 ist vorgeschlagen worden, zur Herstellung einer dreidimensionalen Schaltungsanordnung ein erstes Substrat zu dünnen, es auf ein zweites Substrat zu stapeln und fest mit diesem zu verbinden. Beide Substrate umfassen Schaltungsstrukturen und Metallisierungsebenen. Anschließend werden mindestens ein erstes Kontaktloch und ein zweites Kontaktloch geöffnet, die auf die Metallisierungsebene im ersten bzw. zweiten Substrat reichen, wobei das zweite Kontaktloch das erste Substrat durchquert. Über eine leitfähige Schicht werden die beiden Metallisierungsebenen der beiden Substrate elektrisch miteinander verbunden. Das erste Substrat umfaßt mindestens dielektrische Passivierungsschichten und Substratmaterial, insbesondere Silizium. Die Dicke des ersten Substrats, die das zweite Kontaktloch durchqueren muß, beträgt dabei typischerweise 10 bis 20 μm .

Der Erfindung liegt das Problem zugrunde, ein Verfahren zur Herstellung eines Kontaktloches auf eine Metallisierungsebene einer dreidimensionalen Schaltungsanordnung anzugeben, mit dem auch bei Schichtdicken von 10 bis 20 μm Kontaktlöcher mit einem Aspektverhältnis von mindestens 5 : 1 realisiert werden können.

Dieses Problem wird erfindungsgemäß gelöst durch ein Verfahren nach Anspruch 1. Weitere Ausgestaltungen der Erfindung gehen aus den übrigen Ansprüchen hervor.

Die Verwendung von CHF_3 und CF_4 als Ätzgas in einem anisotropen Trockenätzprozeß zur Ätzung dielektrischer Schichten ist zwar aus der Siliziumprozeßtechnik bekannt. In diesen bekannten Verfahren zur Ätzung von Siliziumoxid oder Siliziumnitrid werden jedoch die Durchflußraten von CHF_3 und CF_4 im Verhältnis $\text{CHF}_3 : \text{CHF}_4$ typischerweise zwischen 5 : 1 und 6 : 1 eingestellt. Bei diesen bekannten Ätzverfahren ist beobachtet worden, daß es bei Erreichen einer Ätztiefe von etwa 2 μm zu einer Verringerung der Ätzrate und schließlich zum vollständigen Stopp der Ätzung kommt. Mit zunehmender Prozeßdauer vergrößert sich die Ätz-

tiefe dann nicht mehr, es kommt dagegen zu einer Verbreiterung der geätzten Struktur. Die bekannten Prozesse werden im Druckbereich von 100 bis 500 mTorr durchgeführt.

Beim anisotropen Ätzen mit CHF_3 besteht eine große Selektivität zu Photolack. Die Ätzraten sind eher gering. Bei der Ätzung kommt es zu einer Polymerbildung, die zu einem Polymerniederschlag im Bereich der Ätzstruktur führt. In den bekannten Verfahren wird der anisotropen Ätzung mit CHF_3 CF_4 zugesetzt, um die Ätzraten zu erhöhen. Durch den Zusatz von CF_4 kommt es jedoch zu einem vermehrten Photolackabtrag, so daß die Selektivität zu Photolack schließlich verlorengeht.

Die Erfindung macht sich die überraschende Entdeckung zunutze, daß beim anisotropen Ätzen mit CHF_3 und CF_4 , wobei die Durchflußraten von CHF_3 und CF_4 in etwa gleich sind, keine Abnahme der Ätzrate mit der Prozeßdauer bei der Erzeugung von Löchern in SiO_2 mit Tiefen über 5 μm beobachtet wird. Gleichzeitig ist die Selektivität der Ätzung zu Photolack akzeptabel. Bei Verwendung von Photolack mit der Bezeichnung TSMR 8900 beträgt die Selektivität zum Photolack etwa 4 : 1. Bei diesem Ätzverfahren werden vergleichbare Ätzraten für Siliziumnitrid und Siliziumoxid beobachtet. Die Selektivität der Ätzung zu einkristallinem Silizium beträgt mehr als 10 : 1, typisch 12 : 1.

Ferner wurde überraschenderweise festgestellt, daß beim anisotropen Trockenätzen mit CHF_3 und CF_4 , wobei die Durchflußraten beider Reaktionsgase in etwa gleich sind, nach dem Durchätzen einer auf einkristallinem Silizium angeordneten Schicht, das heißt, wenn Silizium am Boden der Ätzstruktur freiliegt, ein Überätzen, das heißt ein Fortsetzen der Ätzdauer, weder zu einer vermehrten Polymerbildung am Boden der Ätzstruktur noch zu lateralem Anätzen der dielektrischen Schicht führt.

Diese überraschenden Entdeckungen werden in dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Herstellung eines Kontaktloches auf eine Metallisierungsebene einer dreidimensionalen Schaltungsanordnung genutzt. Die Metallisierungsebene ist mindestens von einer einkristallinen Siliziumschicht und einer darüber angeordneten dielektrischen Schicht bedeckt. Typische Dicken für derartige Siliziumschichten betragen 5 bis 10 μm , typische Dicke für derartige dielektrischen Schichten betragen im Fall einer Dreilagennmetallisierung 4 bis 6 μm . Der Durchmesser des Kontaktloches beträgt typisch 1 bis 2 μm .

Erfindungsgemäß wird auf die Oberfläche der dielektrischen Schicht eine Photolackmaske aufgebracht. In einem ersten Ätzschritt wird mittels anisotropem Trockenätzen mit einem CHF_3 und CF_4 enthaltenden Prozeßgas die dielektrische Schicht durchätzt und die Oberfläche der Siliziumschicht freigelegt. Dabei werden die Durchflußraten von CHF_3 und CF_4 in etwa gleich eingestellt, das heißt, das Verhältnis $\text{CHF}_3 : \text{CF}_4$ wird auf 1 : (1 \pm 0,3) eingestellt. Die Selektivität in diesem ersten Ätzschritt zu einkristallinem Silizium beträgt mehr als 10 : 1, typisch 12 : 1. Die Inhomogenität in diesem ersten Ätzschritt beträgt weniger als \pm 5 Prozent. Dadurch sind Überätzdauern von unter 20 Prozent, vorzugsweise 10 bis 20 Prozent ausreichend, um bei der gleichzeitigen Herstellung mehrerer dreidimensionaler Schaltungsanordnungen, die auf einer Scheibe mit 150 mm Durchmesser angeordnet sind, sicherzustellen, daß die Oberfläche der einkristallinen Siliziumschicht in allen Kontaktlöchern freigelegt ist. Zum Vergleich: bei bekannten SiO_2 -Ätzprozessen sind beim Ätzen von Schichten mit

Dicken unter 1 µm Überätzdauern von 40 Prozent erforderlich.

Nach Entfernen der Photolackmaske wird ein zweiter Ätzschritt durchgeführt, bei dem in die einkristalline Siliziumschicht geätzt wird. Das Entfernen der Photolackmaske erfolgt üblicherweise durch Veraschen des Photolacks. Der zweite Ätzschritt wird mittels anisotropen Trockenätzen durchgeführt. Er wird vorzugsweise mit magnetfeldunterstütztem Ionenätzen mit einem HBr, He/O₂ und NF₃ enthaltenden Prozeßgas durchgeführt.

Anschließend werden Seitenwandpassivierungsfilme, die oxidartig sind und bei der Siliziumätzung im zweiten Ätzschritt entstehen, in einem HF-Dip entfernt. Dabei werden die Flanken der dielektrischen Mehrfachsicht freigelegt. Die dielektrische Mehrfachsicht umfaßt typischerweise neben TEOS-SiO₂-Schichten, thermischen SiO₂-Schichten Zwischenoxidschichten aus Borphosphorsilikatglas und CVD-SiO₂-Schichten und CVD-Siliziumnitridschichten. Bei dem HF-Dip kann es zu einem lateralen Angriff auf diese Schichten, insbesondere die Zwischenoxidschicht aus Borphosphorsilikatglas kommen. In diesem Fall ist es vorteilhaft, nach dem Entfernen der Photolackmaske die freiliegenden Flanken der dielektrischen Mehrfachsicht mit ersten Spacern aus isolierendem Material zu versehen. Nach dem zweiten Ätzschritt werden zweite Spacer aus isolierendem Material gebildet, die die ersten Spacer und die freiliegenden Flanken der Siliziumschicht bedecken. Die zweiten Spacer stellen eine Isolation der Wände des Kontaktloches sicher.

Die ersten Spacer und die zweiten Spacer werden vorzugsweise durch konforme Abscheidung jeweils einer SiO₂-Schicht in einem Ozon-TEOS-CVD-Verfahren und anschließendes anisotropes Rückätzen mit CHF₃, CF₄, Ar hergestellt. Bei der Spacer-Ätzung betragen die Ätzdauern typisch 1 Minute. Dieses Verfahren ist auch zur Spacerbildung an Wänden von Kontaktlöchern mit Aspektverhältnissen (das heißt Tiefe zu Durchmesser) von mehr als 5 : 1 geeignet.

Im folgenden wird die Erfindung anhand der Figuren und der Ausführungsbeispiele näher erläutert.

Fig. 1 zeigt einen Ausschnitt aus einer dreidimensionalen Schaltungsanordnung mit einer Metallisierungsebene, einer darüber angeordneten Siliziumschicht und einer darüber angeordneten dielektrischen Mehrfachsicht nach einem ersten Ätzschritt, bei dem die Oberfläche der Siliziumschicht freigelegt wurde.

Fig. 2 zeigt die dreidimensionale Schaltungsanordnung nach einem zweiten Ätzschritt, bei dem das Kontaktloch bis auf die Metallisierungsebene geöffnet wird.

Fig. 3 zeigt einen Ausschnitt aus einer dreidimensionalen Schaltungsanordnung mit einer Metallisierungsebene, einer einkristallinen Siliziumschicht und einer dielektrischen Mehrfachsicht nach einem ersten Ätzschritt, bei dem die Oberfläche der Siliziumschicht freigelegt wurde.

Fig. 4 zeigt die dreidimensionale Schaltungsanordnung nach einem zweiten Ätzschritt, bei dem die Oberfläche der Metallisierungsebene freigelegt wird und nach Bildung von zweiten isolierenden Spacern, die die Wände des Kontaktloches isolieren.

Eine dreidimensionale Schaltungsanordnung umfaßt eine Metallisierungsebene 11, eine darauf angeordnete einkristalline Siliziumschicht 12 und eine darauf angeordnete dielektrische Mehrfachsicht 13 (siehe Fig. 1). Die Metallisierungsebene 11 besteht zum Beispiel aus einer 1 µm dicken Schicht aus einer Legierung aus Alu-

minium, Kupfer und Silizium, die zwischen einer Doppelschicht aus 50 nm Titan und 100 nm Titanitrid und einer Schicht aus 100 nm Titanitrid angeordnet ist, und weist eine Dicke von insgesamt etwa 1,3 µm auf. Die einkristalline Siliziumschicht 12 weist eine Dicke von 5 bis 20 µm, vorzugsweise 5 bis 10 µm auf.

Die dielektrische Mehrfachsicht 13 ist zum Beispiel zusammengesetzt aus einer Feldoxidschicht 131 aus thermischem Oxid mit einer Dicke von 850 nm, einer TEOS-CVD-SiO₂-Schicht 132 mit einer Dicke von 50 nm, einer Zwischenoxidschicht 133 aus Borphosphorsilikatglas mit einer Dicke von 800 nm, einer ersten Intermetalloxidschicht 134, einer zweiten Intermetalloxidschicht 135, einer dritten Intermetalloxidschicht 136, einer vierten Intermetalloxidschicht 137, einer SiO₂-Schicht 138 sowie einer Siliziumnitridschicht 139 zusammengesetzt. Die Intermetalloxidschichten 134, 135, 136, 137 sind aus TEOS-CVD-SiO₂ gebildet und weisen eine Dicke von jeweils 700 nm auf. Die SiO₂-Schicht 138, die durch CVD-Abscheidung in einer Dicke von 300 nm gebildet ist und die Siliziumnitridschicht 139, die durch CVD-Abscheidung in einer Dicke von 550 nm gebildet ist, bilden gemeinsam eine Passivierung. Die dielektrische Mehrfachsicht 13 weist damit eine Gesamtdicke von 5350 nm auf.

Auf die Oberfläche der dielektrischen Mehrfachsicht 13 wird eine Photolackmaske 14 aufgebracht. Die Photolackmaske 14 weist eine Dicke von 2 µm auf. Sie wird aus dem Photolack mit der Bezeichnung TSMR 8900 gebildet.

In einem ersten Ätzschritt wird die dielektrische Mehrfachsicht 13 strukturiert. Dabei wirkt die Photolackmaske 14 als Ätzmaske. Der erste Ätzschritt wird als Magnetfeld unterstütztes reaktives Ionenätzen (MERIE) durchgeführt. Der erste Ätzschritt wird zum Beispiel in einem Ätzreaktor vom Typ P5000 von der Firma Applied Materials durchgeführt. Dieser Ätzreaktor weist zwei gekreuzte Paare von Helmholtzspulen auf, die so angesteuert werden, daß das magnetische Feld in der Scheibenebene kreist. In dem Ätzreaktor wird ein Druck von 70 mTorr (9,1 Pa) eingestellt. Als Ätzgase wird ein Gemisch aus CHF₃, CF₄ und Ar verwendet. Die Durchflußrate für CHF₃ beträgt 18 sccm, für CF₄ 17 sccm und für Ar 80 sccm. Die Einheit sccm wird verwendet für Kubikzentimeter pro Minute bei Standardbedingungen. Es wird ein Magnetfeld von 60 Gauß angelegt. Es wird eine RF-Leistung mit 13,56 MHz von 700 W eingekoppelt. Am Scheibenhalter, der mit der Hochfrequenzleistung beaufschlagt wird, wird eine Temperatur von 20° C, an der Reaktorwand von 60° C eingestellt.

Mit einer mittleren Ätzrate von etwa 400 nm/Minute wird die dielektrische Mehrfachsicht 13 geätzt. Die Selektivität zur Photolackmaske 14 beträgt dabei 4 : 1. Die Selektivität im ersten Ätzschritt zu einkristallinem Silizium beträgt 12 : 1. Der erste Ätzschritt weist eine Inhomogenität von unter ± 5 Prozent auf und die Ätzdauer wird um etwa 15 Prozent überzogen.

Mit diesen Parametern wird die dielektrische Mehrfachsicht 13 durchätzt, bis die Oberfläche der Siliziumschicht 12 freiliegt. Dabei wird ein Kontaktloch 15 geöffnet, das einen Durchmesser von etwa 1,4 µm aufweist. Anschließend wird die Photolackmaske 14 zum Beispiel Veraschen entfernt.

Es folgt ein zweiter Ätzschritt, bei dem die SiO₂-Schicht 138 und die Siliziumnitridschicht 139 als Maske wirken (siehe Fig. 2). Soll beim zweiten Ätzschritt sehr tief, typisch tiefer als 5 µm ins Silizium geätzt werden, kann die Maske über der Siliziumnitrid-

schicht 139 eine weitere SiO₂-Schicht umfassen. Der zweite Ätzschritt wird ebenfalls durch Magnetfeld unterstütztes reaktives Ionenätzen (MERIE) durchgeführt. Auch der zweite Ätzschritt wird in einem Ätzreaktor vom Typ P5000 von der Firma Applied Materials durchgeführt. Als Ätzgase werden HBr, He/O₂, NF₃ verwendet. Dabei werden folgende Prozeßparameter eingestellt:

Durchflußraten:

HBr: 30 bis 60 sccm, vorzugsweise 45 sccm

He/O₂: 10 bis 50 sccm, vorzugsweise 30 sccm, mit 2 bis 5 Prozent O₂ in He

NF₃: 1 bis 6 sccm, vorzugsweise 2 sccm

Magnetfeld: 0 bis 100 Gauß, vorzugsweise 65 Gauß

RF-Leistung (13,56 MHz): 350 bis 700 Watt, vorzugsweise 500 Watt

Temperatur: Reaktorwand: 50 bis 90°C, vorzugsweise 65°C

Scheibenhalter: 5 bis 25°C, vorzugsweise 17°C

Druck: 80 bis 140 mTorr, vorzugsweise 100 mTorr.

Diese Siliziumätzung erfolgt selektiv zu Siliziumnitrid und SiO₂. Es wird eine Selektivität von 30 : 1 beobachtet.

Der zweite Ätzschritt wird solange durchgeführt, bis das auf die Oberfläche der Metallisierungsebene 11 reichendes Kontaktloch 15 fertiggestellt ist.

In einem zweiten Ausführungsbeispiel umfaßt eine dreidimensionale Schaltungsanordnung eine Metallisierungsebene 21, eine einkristalline Siliziumschicht 22 und eine dielektrische Mehrfachsicht 23 (siehe Fig. 3). Die dielektrische Mehrfachsicht 23 umfaßt zum Beispiel sämtliche Intermetall-dielektrika-Passivierungsschichten einer Dreilagennitridierung. Insbesondere umfaßt sie eine Feldoxidschicht 232, eine TEOS-CVD-SiO₂-Schicht 232, eine Zwischenoxidschicht 233, eine erste Intermetalloxidschicht 234, eine zweite Intermetalloxidschicht 235, eine dritte Intermetalloxidschicht 236, eine vierte Intermetalloxidschicht 237, eine CVD-SiO₂-Schicht 238 sowie eine Siliziumnitridschicht 239. Diese Schichten sind bezüglich ihrer Dicken und ihres Materials aufgebaut wie die dielektrischen Schichten der dielektrischen Mehrfachsicht 13 im ersten Ausführungsbeispiel. Die dielektrische Mehrfachsicht 23 weist eine Gesamtdicke von etwa 5350 nm auf. Die Siliziumschicht 22 weist eine Dicke von etwa 50 bis 10 µm auf.

Auf der Oberfläche der dielektrischen Mehrfachsicht 23 wird eine Photolackmaske 24 aus Photolack vom Typ TSMR 8900 mit einer 2 µm-Lacktechnik erzeugt. In einem ersten Ätzschritt wird die dielektrische Mehrfachsicht 23 selektiv zu einkristallinem Silizium strukturiert.

Dieses erfolgt wie im ersten Ausführungsbeispiel mit Magnetfeld unterstütztem reaktivem Ionenätzen in einem Ätzreaktor vom Typ P5000 der Firma Applied Materials unter Verwendung eines Prozeßgases das neben Ar CHF₃ und CF₄ umfaßt. Dabei werden folgende Prozeßparameter eingehalten:

Durchfluß von CHF₃: 18 sccm

Durchfluß von CF₄: 17 sccm

Durchfluß von Ar: 80 sccm

Magnetfeld: 60 Gauß

Druck: 70 mTorr (9,1 Pa)

RF-Leistung (13,56 MHz): 700 Watt

Temperaturen: am Scheibenhalter: 20°C, an der Reaktorwand: 60°C.

Der erste Ätzschritt wird fortgeführt, bis die Oberfläche der Siliziumschicht 22 freiliegt. Dabei wird ein Kontaktloch 25 geöffnet, das einen Durchmesser von etwa

1,4 µm aufweist.

Nach Entfernen der Photolackmaske 24 durch Veraschen des Photolacks werden anschließend an freiliegenden Flanken der dielektrischen Mehrfachsicht 23 erste Spacer 26 aus SiO₂ gebildet (siehe Fig. 4). Dazu wird ganzflächig eine SiO₂-Schicht mit konformer Kantenbedeckung abgeschieden. Die SiO₂-Schicht wird vorzugsweise in einem Ozon-TEOS-CVD-Verfahren abgeschieden, wie es in K. Maeda et al, Solid State Technology, June 1993, Seite 83 ff beschrieben ist. Dieser Veröffentlichung können auch Prozeßparameter entnommen werden.

Diese SiO₂-Schicht wird anschließend in einem anisotropen Trockenätzverfahren, zum Beispiel mit CHF₃, CF₄, Ar rückgeätzt, wobei waagerechte Teile der SiO₂-Schicht vollständig entfernt werden. Dieses Trockenätzverfahren wird mit den Prozeßparametern für den ersten Ätzschritt und einer Ätzdauer von typisch einer Minute durchgeführt. Dabei wird die Oberfläche der Siliziumnitridschicht 239 und im Kontaktloch 25 der Siliziumschicht 22 freigelegt. An den Flanken der dielektrischen Mehrfachsicht 23 verbleiben die Spacer 26 aus SiO₂.

Anschließend wird ein zweiter Ätzschritt zur Ätzung der Siliziumschicht 22 durchgeführt. Dabei wirken die CVD-SiO₂-Schicht 238 und die Siliziumnitridschicht 239 der strukturierten dielektrischen Mehrfachsicht als Maske. Bei großen Ätztiefen im zweiten Ätzschritt, typisch größer 5 µm, kann die Maske durch eine weitere CVD-SiO₂-Schicht verstärkt sein.

Es wird wie im ersten Ausführungsbeispiel Magnetfeld unterstütztes reaktives Ionenätzen mit HBr, He/O₂, NF₃ als Prozeßgas durchgeführt. Dabei werden dieselben Prozeßparameter, wie im ersten Ausführungsbeispiel für den zweiten Ätzschritt angegeben, eingehalten.

Der zweite Ätzschritt wird durchgeführt, bis die Oberfläche der Metallisierungsebene 21 freigelegt ist. In einem HF-Dip werden Seitenwandpassivierungsschichten, die im zweiten Ätzschritt entstehen, entfernt. Die ersten Spacer 26 verhindern bei dem HF-Dip laterale Anätzungen der dielektrischen Mehrfachsicht 23, insbesondere der Zwischenoxidschicht 233 aus Borphosphorsilikatglas.

Außerdem haben die ersten Spacer 26 den überraschenden Effekt, daß eine Inhomogenität der Kontaktlochweite im Silizium vermieden wird. Derartige Inhomogenitäten, die zu Ausbauchungen der Kontaktlochwände im Bereich der Siliziumschicht führen, wenn der zweite Ätzschritt ohne die ersten Spacer durchgeführt werden, werden hier nicht beobachtet. Dieser Effekt tritt bei verschiedenen Ätztiefen im zweiten Ätzschritt reproduzierbar auf, sofern die Flanken der dielektrischen Mehrfachsicht im Bereich des Kontaktloches vor dem zweiten Ätzschritt mit den ersten Spacern versehen werden. Durch Einführung der ersten Spacer 26 werden vertikale Wände des Kontaktloches im Bereich der Siliziumschicht erzielt. Dadurch wird die weitere Prozeßführung vereinfacht.

Zur Isolierung der Wände des Kontaktloches 25, das nach dem zweiten Ätzschritt bis auf die Oberfläche der Metallisierungsebene 21 reicht, werden schließlich zweite Spacer 27 aus SiO₂ hergestellt, die die ersten Spacer 26 und die Flanken der Siliziumschicht 22 bedecken. Zur Herstellung der zweiten Spacer 27 wird in einem Ozon-TEOS-CVD-Verfahren eine SiO₂-Schicht mit konformer Kantenbedeckung abgeschieden und durch CHF₃, CF₄, Ar anisotrop rückgeätzt, wie bei der Bildung der ersten Spacer 26.

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung eines Kontaktloches ist auch anwendbar für dreidimensionale Schaltungsanordnungen, bei denen oberhalb der Metallisierungsebene außer der Siliziumschicht und der dielektrischen Mehrfachsicht zusätzliche Schichten angeordnet sind. Diese zusätzlichen Schichten müssen dann in weiteren Ätzschritten mit angepaßten Trockenätzverfahren entfernt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Kontaktloches auf eine Metallisierungsebene einer dreidimensionalen Schaltungsanordnung,

— bei dem in der dreidimensionalen Schaltungsanordnung oberhalb der Metallisierungsebene (11) mindestens eine Siliziumschicht (12) aus monokristallinem Silizium und darüber eine dielektrische Mehrfachsicht (13), die Schichten aus Siliziumoxid und Siliziumnitrid umfaßt, angeordnet ist,

— bei dem auf der Oberfläche der dielektrischen Mehrfachsicht (13) eine Photolackmaske (14) erzeugt wird,

— bei dem in einem ersten Ätzschritt mit einem anisotropen Trockenätzverfahren unter Verwendung eines CHF_3 und CF_4 enthaltenden Prozeßgases die dielektrische Mehrfachsicht (13) durchätzt und die Oberfläche der Siliziumschicht (12) freigelegt wird, wobei die Durchflußraten von CHF_3 und CF_4 im Verhältnis $\text{CHF}_3 : \text{CF}_4$ zwischen 1 : 0,7 und 1 : 1,3 eingestellt werden,

— bei dem nach Entfernen der Photolackmaske (14) in einem zweiten Ätzschritt mit einem anisotropen Trockenätzverfahren die Siliziumschicht (12) durchätzt wird, wobei die strukturierte dielektrische Mehrfachsicht (13) als Ätzmaske verwendet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1,

— bei dem die dielektrische Mehrfachsicht (13) eine Dicke im Bereich zwischen 3 μm und 10 μm und die Siliziumschicht (12) eine Dicke zwischen 5 μm und 30 μm aufweist,

— bei dem das Kontaktloch (15) einen Durchmesser zwischen 1,4 μm und 5 μm aufweist.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem der erste Ätzschritt durch Magnetfeld unterstütztes reaktives Ionenätzen durchgeführt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3,

— bei dem der erste Ätzschritt in einem Ätzreaktor durchgeführt wird, der einen mit einer RF-Leistung beaufschlagbaren Scheibenhalter und eine diesem gegenüber angeordnete geerdete Elektrode umfaßt und der Mittel zur Erzeugung eines Magnetfeldes umfaßt, das ein zwischen dem Scheibenhalter und der geerdeten Elektrode brennendes Plasma im Bereich des Scheibenhalters verdichtet,

— bei dem das Prozeßgas neben CHF_3 und CF_4 Ar umfaßt, wobei die Durchflußraten von CHF_3 im Bereich (18 ± 3) sccm, von CF_4 (17 ± 3) sccm und Ar (80 ± 30) sccm eingestellt werden,

— bei dem im Ätzreaktor ein Druck von $(9,1 \pm 2,7)$ Pa $(70 \text{ mTorr} \pm 20 \text{ mTorr})$ und ein Magnetfeld von (60 ± 20) Gauß eingestellt wird,

— bei dem der Scheibenhalter mit einer RF-Leistung im Bereich von (700 ± 70) Watt und einer Frequenz von 13,56 MHz beaufschlagt wird,

— bei dem die Temperatur am Scheibenhalter auf $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ und an der Wand des Ätzreaktors auf $(60 \pm 10)^\circ\text{C}$ eingestellt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem der erste Ätzschritt um 15 bis 20 Prozent überzogen wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem der zweite Ätzschritt durch Magnetfeld unterstütztes reaktives Ionenätzen durchgeführt wird, wobei als Ätzgas mindestens eines der Gase HBr, He/O_2 , NF_3 , SiF_4 verwendet wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6,

— bei dem nach Entfernen der Photolackmaske (24) an den im ersten Ätzschritt freigelegten Flanken der dielektrischen Mehrfachsicht (23) erste Spacer (26) aus isolierendem Material erzeugt werden,

— bei dem nach dem zweiten Ätzschritt zweite Spacer (27) aus isolierendem Material erzeugt werden, die die ersten Spacer (26) und die im zweiten Ätzschritt freigelegten Flanken der Siliziumschicht (22) bedecken.

8. Verfahren nach Anspruch 7, bei dem zur Bildung der ersten Spacer (26) und der zweiten Spacer (27) jeweils eine SiO_2 -Schicht mit konformer Kantenbedeckung in einem Ozon-TEOS-CVD-Verfahren abgeschieden wird, die durch anisotropes Trockenätzen rückgeätzt wird.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

FIG 1

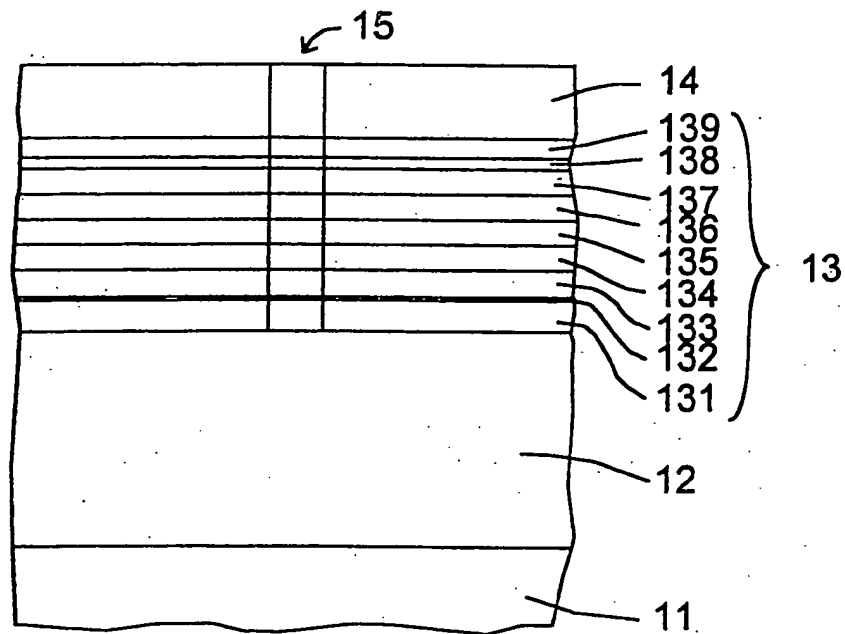


FIG 2

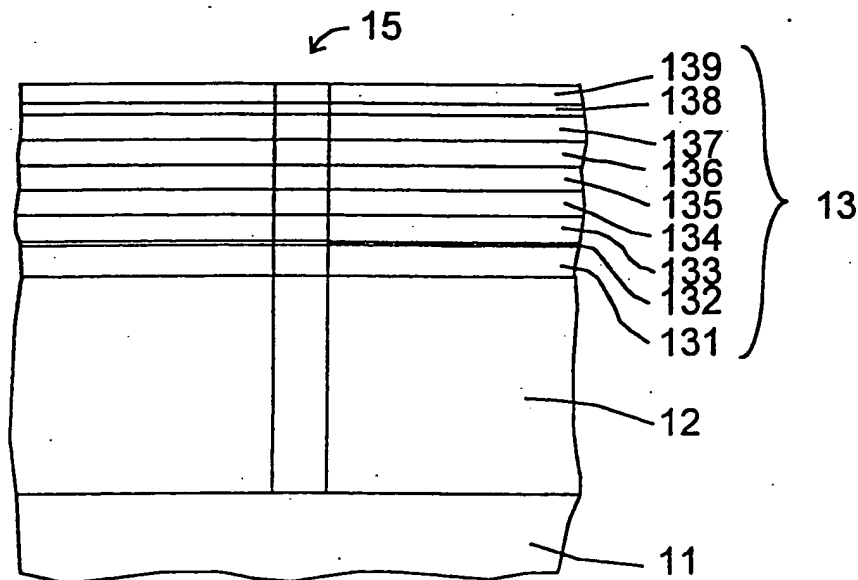


FIG 3

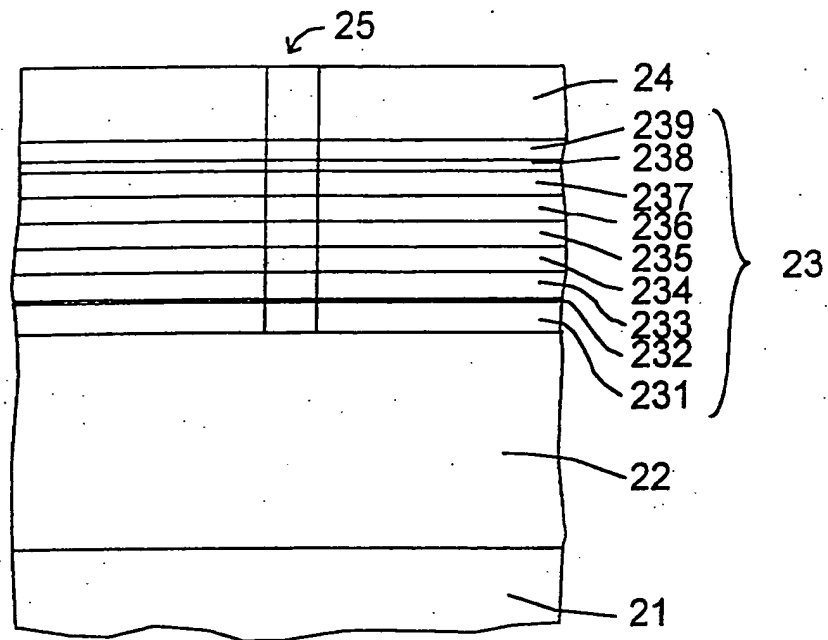


FIG 4

